



## **GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

### **TREBALL FINAL DE GRAU**

---

# **ESTUDI COMPARATIU DE L'AGUDESA VISUAL DINÀMICA EN DIVERSES DISCIPLINES ESPORTIVES**

**QUIM GIMENO PARÉS**

**DIRECTORA: LLUÏSA QUEVEDO JUNYENT  
DEPARTAMENT: ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**19 DE MAIG DEL 2016**



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr./Sra. Lluïsa Quevedo Junyent, com a tutor/a i director/a del treball,

### CERTIFICA

Que el Sr./Sra. Quim Gimeno Parés ha realitzat sota la seva supervisió el treball *Estudi comparatiu de l'agudesa visual dinàmica en diverses disciplines esportives* que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo aquest certificat.

Sr/a Lluïsa Quevedo Junyent  
Director/a del TFG

Terrassa, 19 de maig de 2016



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# ESTUDI COMPARATIU DE L'AGUDESA VISUAL DINÀMICA EN DIVERSES DISCIPLINES ESPORTIVES

## RESUM

En l'àmbit esportiu és essencial que l'organisme humà actuï correctament i d'aquesta manera pugui respondre amb eficàcia a les accions requerides en cada modalitat. Diversos estudis afirmen que l'esport i la visió estan molt lligats i que una òptima funció visual resulta imprescindible a l'hora de dur a terme la majoria d'accions esportives. L'objectiu d'aquesta investigació ha estat determinar i comparar les capacitats visuals de diferents modalitats esportives. Concretament, hem avaluat les variables d'agudesza visual estàtica (AVE) i d'agudesza visual dinàmica (AVD) en alt i baix contrast. Els subjectes estudiats han estat 30 esportistes d'elit amb una mitja d'edat de  $21.2 \pm 5.3$  anys, concentrats o interns al CAR de Sant Cugat del Vallès que formaven part de les disciplines de motor, waterpolo i tennis taula. Els resultats obtinguts han determinat que no hi ha diferències estadísticament significatives entre les tres modalitats en cap de les variables estudiades i que, per tant, no és pot considerar que cap d'elles comporti una capacitat visual superior. Ara bé, si s'ha demostrat que existeix una correlació moderada entre AVE-AVD d'alt contrast i AVD d'alt contrast-AVD de baix contrast. Les lleugeres variacions obtingudes en l'AVD, en alt i baix contrast, entre les tres modalitats podrien ser degudes a diferents factors com l'edat i el sexe.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# ESTUDIO DE LA AGUDEZA VISUAL DINÁMICA EN VARIAS DISCIPLINAS DEPORTIVAS

### RESUMEN

En el ámbito deportivo es esencial que el organismo humano actúe correctamente y de esta manera pueda responder con eficacia las acciones requeridas en cada modalidad. Varios estudios afirman que el deporte y la visión están muy ligados y que una óptima función visual resulta imprescindible a la hora de llevar a cabo la mayoría de actividades deportivas. El objetivo de esta investigación ha sido determinar y comparar las capacidades visuales de diferentes modalidades deportivas. Concretamente, hemos evaluado las variables de agudeza visual estática (AVE) y de agudeza visual dinámica (AVD) en alto y bajo contraste. Los sujetos estudiados fueron 30 deportistas de élite con una media de edad de  $21.2 \pm 5.3$  años, concentrados o internos en el CAR de Sant Cugat que formaban parte de las disciplinas de motor, waterpolo y tenis de mesa. Los resultados obtenidos han determinado que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las tres modalidades en ninguna de las variables estudiadas y que, por tanto, no se puede considerar que ninguna de ellas suponga una capacidad visual superior. Ahora bien, si se ha demostrado que existe una correlación moderada entre AVE-AVD de alto contraste y AVD de alto contraste-AVD de bajo contraste. Las ligeras variaciones obtenidas en la AVD, en alto y bajo contraste, entre las tres modalidades podrían ser debidas a diferentes factores como la edad y el sexo.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# COMPARATIVE STUDY OF DYNAMIC VISUAL ACUITY IN SEVERAL SPORTS

### SUMMARY

In sports it is essential that the human organism works properly and so it can respond effectively the actions required in each modality. Several studies claim that sport and vision are closely linked and that an optimal visual function is essential to develop several sports activities. The objective of this research was to determine and compare the visual skills of different sports. Especially, we evaluated the variables of static visual acuity (SVA) and dynamic visual acuity (DVA) with high and low contrast. The subjects that were studied were 30 athletes with an average age of  $21.2 \pm 5.3$  years, concentrated or residents in the high performance center (CAR) of Sant Cugat who were part of the motor disciplines, water polo and table tennis. The results obtained have determined that there no significant differences as per statistics between the three groups in any of the variables studied and therefore it cannot be considered that none of them involve higher visual skills. On the other side, it has been revealed that there is a moderate correlation between SVA-DVA high contrast and DVA high contrast-DVA low contrast. The slight variations obtained in the DVA, in high and low contrast, between the three modalities could be due to different factors such as age and gender.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# COMPARATIVE STUDY OF DYNAMIC VISUAL ACUITY IN SEVERAL SPORTS

## EXTENSIVE SUMMARY

### INTRODUCTION

The sport is a physical activity, rule and regulated, which runs for several purposes. Every athlete has the responsibility to give their maximum capacity and to achieve the successes and challenges proposed. Specifically, in the case of elite athletes, this fact is emphasized and they are asked for a much stricter dedication. So, to be able to develop in good conditions the sport task is very necessary that the athlete has a good physical and psychological condition. Therefore, the organism must act correctly according to each sport. In this regard, one of the elements that is helpful to the human being is the visual function. Vision is essential to be able to perceive any external information and, therefore, every athlete will be needing it to respond effectively to different situations. The visual system must be properly guided the motor system. In each modality must respond to visual stimulation in different ways since not all sports have the same characteristics and standards, or are developed in the same environment. However, it was found that athletes, in general, have a better visual acuity to the sedentary population because the first have a major visual demand. This fact is most evident in high level athletes.

At the time of examining visual acuity, it is interesting to determine it in more realistic situations. However, the visual skill that is always determined in a normal routine review is the static visual acuity (SVA). As the word says, this parameter is evaluated under static conditions and its not a good method for assessing the visual ability of individuals because in daily life most actions are performed in motion. Therefore, since both athlete, in particular, as any citizen,



in general, should respond to a stimulus that mostly presents some kind of movement, it will be very useful to evaluate the dynamic visual acuity (DVA). The DVA is based on the ability to recognize details of a stimulus when there is relative movement between the observer and the observed stimulus. To have a good DVA it is required a good static visual acuity and that the oculomotor system is in good condition. Thanks to the oculomotor system we are able to detect, fix, and discriminate stimulation in movement, for an optimal perception in our brain. However, the DVA is not usually measured in normal inspections because, apart from the fact that it's not known how to interpret the results very well, the instruments that were traditionally used generated certain shortcomings in the validity and reliability. However, thanks to technological advancement, currently we can evaluate this parameter from computer programs and in a less problematic way. We refer, among others, in the DinVA 3.0.

In the DVA determination we must consider different factors to do it properly because there are conditions that can alter the result. Some of these factors are luminance, the speed of stimulation, contrast, exposure time, age, the pupil diameter, gender, visual training, sports performance, fatigue and drug use. Therefore, taking into account some of these parameters, DVA can be value and compare correctly.

## OBJECTIVES AND ASSUMPTIONS

Seeing the importance that has the visual function in sport, this work aims to determine and compare the visual skills of different sports. Specifically, we have evaluated the variables of static visual acuity (SVA) and dynamic visual acuity (DVA) in high and low contrast of elite athletes. From here, we have made comparisons between the different modalities. In addition, we have also valued the correlation between the DVA and the SVA

When to hypotheses, supporting us on the studies in the specializing literature, we propose that the DVA will be higher in table tennis athletes because this sport requires a stimulus (a ball) smaller and faster. In addition, we considered that the SVA will be bigger than the DVA with a moderate relation among them and the DVA's high contrast will be bigger than in the low contrast.

## METHOD

### *Participants*

The subjects who participated in this study were athletes who were internal or well concentrated in the CAR from Sant Cugat. In particular, there have been 30 athletes who were part of the motor disciplines (car racing and motorcycling), water polo and table tennis. In the group of table tennis, 30% were women and 70% men forming a median age of the  $17.7 \pm 4.7$  years. On the other hand, in motor and water polo all the participants were all men with average age of  $22.4 \pm 5.5$  and  $23.5 \pm 4.3$  years respectively. As a criterion for exclusion, we agreed that we would not consider any athlete that show some visual pathology, some kind of trauma or that its static visual acuity was lower than 0.8 in binocular form. The visual exams have been fulfilled at the Center of Vision of CAR from Sant Cugat by a single trained optometrist.

### *Material*

When it was the evaluation of athletes, firstly an anamnesis was performed and then, to determine the SVA we used the Palomar Universal Optotype. This test consists of a black ring with a white disc as a benchmark of openness and a black circle in the center. The orientation of the white disk, whose location should be determined by the subject evaluated, can be placed in vertical, horizontal or oblique direction ( $45^\circ$  and  $135^\circ$ ). The Palomar optotype allows us to obtain more accurate values of visual acuity in tenths and hundredths. Moreover, to assess visual acuity dynamic use the DinVA 3.0 software, this also used a visual stimulus Palomar ring-disk. The DinVA 3.0 allows assess the DVA in perfect condition and, at the same time, you can change various visual parameters, such as contrast and speed of stimulus. However, the program allows assessing the DVA with two possibilities. One is by the series of constant size (Size Series). In this case, the size of the stimulus remains constant, but is changing speed. However, in this investigation we have used the option of constant speed (Speed Series). In this condition, the speed of stimulus remains constant and is its size which increases from the minimum (2 pixels) to the maximum (11 pixels), through the 10 possible values and changing in size every 2.3 seconds. The DVA obtained depend on the distance between the individual, the computer screen and ring size in mm. When the number of correct answers equal to a predetermined number to set the series, the test is complete and the display is shown, for each speed, the average visual acuity and standard deviation, and the number of mistakes made.



### *Procedure*

In the SVA determination the subject stood at a distance of 5 meters to the Palomar optotype. From there we had to determine in which direction was the opening of the ring-disk. If it was not able to see the line of interest, the athlete had to approach half a meter and so on until he was able to determine it. Regarding the determination of the DVA, the athlete should determine, from the keypad, the direction of the opening of the Palomar optotype (right, left, up, down, left / up, left / down, right / right or up / down). This stimulus was moving on the screen of the computer, at a distance of 2 meters, in horizontal direction and rolling at a constant speed of 0,503 m/sec (14.1°/sec). The athlete had to try to answer as soon as possible but at the same time trying to not make any mistakes because these were penalized. In this case, the test was performed by high contrast and low contrast conditions. For each of the conditions the athlete should respond correctly to 10 of the stimulus presented. The complete visual examination proved to have an approximate duration of 10 minutes for person.

### RESULTS AND CONCLUSIONS

After obtaining the results of the three modalities, they were registrated with the Excel spreadsheet and then analyzed with Stata 14. Descriptive statistics were made by estimating means and standard deviations of the SVA and DVA variables high and low contrast. Later nonparametric Wilcoxon test was applied in the three variables of interest. In addition, to see if there was any correlation between SVA and DVA Spearman Rho test was also applied.

The results obtained have determined that there are no statistically significant differences between the three modes in any of the variables and, therefore, cannot be considered athletes who practice these sports have a better vision than the other. However, the small differences founded are not clinically relevant. Now well, if it is proven that there is a correlation moderate between SVA-DVA of high contrast and DVA of high contrast-DVA of low contrast. This implies that these variables follow a similar pattern among them apart from added content validity DinVA 3.0 program. As for the slight variations in the DVA between the three modes, high and low contrast, could be due to different factors such as age and gender. The table tennis group was the only one presenting female and young athletes comparing them to the water polo players, motorcyclists and motorists group. In addition, the three disciplines are part of the dynamic field and in all three cases are situations of motion for such sport. It is perhaps for this reason that results do not show statistically significant differences between the three groups in any of the variables studied. Therefore, future research should take into account these factors and thus to establish relevant conclusions in this regard.

## ÍNDEX

<b>1. Introducció .....</b>	<b>1</b>
1.1. Esport i Visió.....	1
1.2. Agudesa Visual Dinàmica .....	4
<b>2. Objectius .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Hipòtesis .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Material i mètode .....</b>	<b>13</b>
4.1. Participants.....	13
4.2. Material.....	13
4.3. Instal·lacions.....	17
4.4. Procediment.....	17
4.5. Anàlisi estadístic.....	20
<b>5. Resultats .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Discussió .....</b>	<b>23</b>
<b>7. Conclusions .....</b>	<b>27</b>
<b>8. Bibliografia.....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1. Esport i Visió

Podríem definir l'esport com aquella activitat física que està pautaada i reglamentada (Antúnez, 2001) i que es pot practicar amb finalitat recreativa, professional o bé com a millora de la salut (RAE, 2009). Tan en els esports individuals com en els d'equip, passant pels escacs fins al futbol, l'organisme humà és el detonant de tota acció i moviment. En tot cas, per executar en bones condicions qualsevol tipus de modalitat esportiva, és convenient que l'esportista tingui un bon estat físic i psicològic. És més, estan tant lligats aquests dos factors que s'ha demostrat que la realització d'una activitat física ajuda al sistema psicològic humà (Del Valle & Del Río, 2014). Si ara ens fixem en els casos dels esportistes d'elit, el domini del seu estat físic i mental està molt més controlat. Per tal d'assolir el nivell més alt en la competició, aquests esportistes requeriran reptes més durs i precisos. Ara bé, tan en el cas d'esportistes d'elit com en el dels aficionats, el sentit de la visió és clau per a l'apreciació de l'entorn i la percepció dels detalls a tenir en compte durant l'activitat física. Malgrat això, el concepte de la visió en l'àmbit esportiu és un camp bastant desconegut pel que fa a la clínica i investigació optomètrica.

La visió és l'eina essencial per percebre tota informació que es trobi dins el camp visual i que, per tant, a tot esportista li serà necessari per tal de rebre la informació exterior (Goodale & Milner, 1992). Els atletes tendeixen a realitzar moviments sacàdics per poder situar la mirada sobre l'estímul, permetent que l'objectiu es col·loqui sobre la fòvea (Haywood, 1984). Conseqüentment, per assolir un màxim rendiment esportiu caldrà tenir una visió efectiva. En quasi totes les modalitats, en general es perceben estímuls externs que s'han de detectar amb atenció i discriminar amb exactitud i per aquest motiu es considera que els esportistes tenen una demanda visual major en comparació a la població sedentària (Ando, Kida, & Oda, 2001; Boden, Rosegren, Martin, Scott, & Moden, 2009; Jafarzadehpur & Yarigholi, 2004; Quevedo, 2007; Sillero & Sampedro, 2002; Stine, Arterburn & Stern 1982). Cal tenir en compte però, que aquesta facultat vindrà determinada per la capacitat visual del subjecte, per les característiques de l'objecte al qual l'esportista ha de reaccionar i per la

situació ambiental on es realitzarà l'esport. En molts casos, els estímuls a respondre tenen un origen i una exposició distinta entre ells. Alguns es perceben en moviment (Laby & Kirschner, 2011), alguns són més pròxims, d'altres són més petits i, fins i tot, n'hi ha que requereixen d'una visió més perifèrica que no pas de la central. Malgrat presentar aquestes diferències, en la majoria de les disciplines es requereix una funció visual òptima (Hitzeman & Beckerman, 1993). A l'existir aquestes discrepàncies entre els esports, s'ha demostrat que no en tots impliquen i desenvolupen les mateixes habilitats visuals sinó que l'adquisició és diversa segons les seves característiques (De Teresa, 1992; Tidow, Wühst & De Marées, 1984). En aquest sentit, Gilman i Getman (1984), van defensar que les diferències establertes entre les modalitats esportives eren degudes al propi sistema visual humà el qual tenia la capacitat d'adaptar-se al tipus d'activitat a la què s'exposa. Per tant, la capacitat visual requerida per portar a terme amb èxit una activitat esportiva pot variar segons quina sigui i les característiques que tingui. Així doncs, per garantir un triomf esportiu és recomanable que el sistema visual guiï adequadament el sistema motor.

Actualment, en l'àmbit esportiu no hi ha molta recerca que determini el grau de desenvolupament òptim en les diverses habilitats visuals, però sí que es poden trobar referències als perfils físics, tècnics, tàctics i psicològics d'esportistes d'elit (Krueger, Focke, Sperlich, Zinner & Mester, 2010). Tot i així, per a les Olimpíades del 1992, l'empresa Bausch and Lomb va capacitar centres especialitzats en visió per tal d'analitzar les habilitats visuals dels esportistes d'elit de les diferents modalitats (Classé, 1993). De la mateixa manera, Buys (2002) va oferir dades sobre les habilitats visuals de 170 esportistes d'elit Sud-africans. Pel que fa a Espanya, va ser Pilar Plou (2001) qui va mostrar el conjunt d'habilitats visuals de 52 esportistes que formaven part de l'equip nacional de tir olímpic. En el mateix país, Sillero, Refoyo, Lorenzo i Sampedro (2007) es van centrar en els millors jugadors de basquetbol de la Federació Espanyola de la categoria infantil i van publicar els resultats dels controls visuals corresponents. És a partir d'aquest anàlisi que van presentar tot un conjunt de valors de referència envers als resultats de les habilitats visuals obtingudes per tal de que els professionals que treballin amb jugadors

d'aquestes edats puguin tenir una noció de les dades estàndards. Un estudi més ampli va ser realitzat per Beckerman i Hitzeman (2001). Concretament, a 939 esportistes de 22 modalitats i categories diferents se'ls hi va avaluar l'estat refractiu i l'agudesia visual entre d'altres proves. Com a resultat, van obtenir que el 31% manifestava símptomes visuals i que un 28% practicava el seu esport amb una AV inferior a 0,8. Comparant les dades obtingudes amb la població sedentària, van trobar una certa similitud pel que fa als errors refractius. Així doncs, encara que s'hagin realitzat determinades investigacions, són pocs els estudis científics en aquest àmbit.

En concret, l'optometria s'encarrega d'avaluar i examinar tot un conjunt d'habilitats visuals. Aquestes es defineixen com la capacitat que té un individu en sostenir un acte visual sense l'existència d'un esforç (Hitzeman & Beckerman, 1993). Si aquestes facultats no existeixen o no es desenvolupen adequadament es poden manifestar problemes visuals. Així doncs, aquestes habilitats estan íntimament lligades amb la qualitat de la visió o bé amb l'eficàcia visual. Existeixen varies habilitats visuals, però les que ens interessin per estar relacionades amb el rendiment esportiu són: els moviments oculars (seguiments, sacàdics i fixacions), la funció acomodativa (flexibilitat acomodativa), la fusió binocular (flexibilitat de fusió), la percepció de les distàncies, la visió perifèrica i la sensibilitat visual (agudesia visual estàtica i dinàmica i funció de sensibilitat al contrast).

Tal i com s'ha dit anteriorment, en la majoria dels esports els estímuls visuals als quals hem de respondre solen comportar algun tipus de moviment. És per aquest motiu que, a l'hora de valorar l'agudesia visual, ens centrarem en la agudesia visual dinàmica

## **1.2. Agudesa Visual Dinàmica (AVD)**

L'agudesa visual dinàmica consisteix en la capacitat de reconèixer detalls d'un estímul quan existeix un moviment relatiu entre l'observador i l'estímul observat (Clie, Hofstetter & Griffin, 1980). Aquest terme ja va ser introduït per Ludvigh i Miller (1949). Per obtenir una bona AVD és necessari un bon funcionament oculomotor i tenir a més una òptima agudesa visual estàtica (AVE). L'AVE s'avalua generalment amb optotips convencionals a una distància de 20 peus (6 metres). La nomenclatura d'aquest valor es pot presentar de diferents maneres però normalment s'utilitza la decimal. L'AVE es considera bona quan arriba a un valor al voltant de 20/20 (la unitat) (Elliott, 1995). En tal nomenclatura el numerador es refereix a la distància que existeix entre l'optotip i el pacient. Per altra banda, el denominador fa referència a la distància a la que una persona amb vista normal podria llegir la mateixa línia que l'examinat llegeix correctament (Snellen, 1862). Així doncs, com més pròxim sigui el valor decimal a 1 millor. Com diu la paraula, l'AVE es mesura i s'analitza en condicions estàtiques, i per tant, en condicions habituals i quotidianes on es genera moviment, aquesta valoració és possible que proporcioni una representació limitada de l'estat de funcions visuals (Banks et al., 2004). En molts casos, a la vida real es presenten estímuls en moviment i, per tant, cal saber respondre'ls. Long i Zavod (2002) ja van jutjar que considerar l'AVE com a indicador global de la funcionalitat del sistema visual era un error.

L'AVD no es sol mesurar en revisions rutinàries, probablement perquè no es coneix del tot bé la interpretació dels resultats obtinguts i, a la vegada, perquè els instruments que tradicionalment s'utilitzaven generaven certes mancances quan a la validesa i fiabilitat (rotador de Kirschner i rotador motoritzat de Pegboard). Aquests rotadors eren similars als tocadiscs i feien girar un optotip de lletres negres sobre un fons blanc. A més, un dels grans entrebancs tecnològics per a l'avaluació de l'AVD, és degut a la dificultat de generar dispositius gràfics amb altes capacitats per mostrar velocitats. De tal manera que, podem considerar que hi ha pocs instruments estandarditzats per avaluar l'AVD. Tot i així, actualment tenim la sort de que l'avenç tecnològic ens ha dut nous programes informàtics que ens permeten mesurar l'AVD de manera menys problemàtica. Ens referim entre d'altres al DinVA 3.0. (Quevedo, 2007).



A l'hora de considerar si l'AVD obtinguda forma part de la normalitat és bastant incert ja que no existeixen valors estàndard acceptats en aquesta habilitat. Així doncs, ens hem de remetre a estudis i investigacions ja realitzades per poder considerar si els resultats obtinguts es poden tenir en compte com a valors normals o no. Sherman (1981), va establir a partir del seu estudi que com a norma s'havia d'obtenir una AVD de 10/15 a 45 revolucions per minut utilitzant un rotador. Estudis més recents constaten que el valor normalitzat d'AVD és pròxim a 0.6 en condicions d'alt contrast i amb una velocitat constant de 0,503 m/s o bé 14,1°/seg (Quevedo, 2007; Quevedo, Pérez, Cardona, Fornieles & Rodríguez, 2012).

Es preveu que amb una AVE deficient, freqüentment s'ocasiona també una baixa AVD. Ara bé, una bona AVE no sempre implica tenir una bona AVD (Fernández & Artal, 2007). Això també es va verificar en constatar que els errors refractius afecten a l'AVD i d'aquesta manera, una baixa AVE limita l'AVD (Nakatsuka, Ueda & Nawa, 2006). Si l'AVE és de la unitat, no existeix una gran correlació entre l'AVE i l'AVD (Burg, 1966; Miller & Ludvigh, 1962). I encara més, si s'augmenta la velocitat de l'estímul, aquesta correlació disminueix més (Burg & Hulbert, 1961). La velocitat de l'estímul és precisament un dels factors més rellevants i determinants a l'hora d'examinar l'AVD. La velocitat angular on es creu que es disminueix la correlació és d'aproximadament 50°/seg. (Miller & Ludvigh, 1962), o 60°/seg. (Hulbert et al., 1958). Concretament, la correlació entre AVE i AVD a un velocitat de desplaçament de l'estímul de tan sols 5'74°/seg és del 64% (Quevedo, 2007).

Com s'ha dit anteriorment, la importància del sistema oculomotor és essencial per tal d'optimitzar l'AVD. Gràcies als moviments oculars serem capaços de detectar un estímul en moviment (Banks et al., 2004; Loran & MacEwen, 1995). El cervell és l'encarregat d'enviar un missatge als músculs extraoculars. Seguidament es genera una innervació per tal de que la imatge o objecte d'interès caigui sobre la fòvea i aquest pugui ser resolt amb detall (Loran & MacEwen, 1995). Un estímul mòbil pot ser seguit pels ulls a una velocitat màxima de 30°/seg (Rouse et al., 1988) o 40°/seg (Committee on Vision, National Research Council, 1985). Els moviments oculars de seguiment són els responsables de mantenir l'objecte d'interès en el punt foveal. Ara bé, si

aquesta velocitat augmenta, no només hi haurà els moviments de seguiment sinó que també entraran en joc els moviments sacàdics i serà una combinació dels dos la responsable de mantenir l'estímul a la fòvea. En concret, els moviments sacàdics són capaços de fixar de manera intermitent estímuls amb velocitats superiors a 1000°/seg (Committee on Vision, National Research Council, 1985). En aquest sentit Kohmura et al., (2008) van estudiar la relació entre els moviments sacàdics i l'AVD. Dels resultats se n'extreu que, un factor important en la correcta discriminació d'un objecte que es mou a altes velocitats és el temps de latència del moviment sacàdic. Malgrat això, no van trobar relació de l'AVD amb l'amplitud angular del moviment sacàdic ni amb la seva velocitat màxima.

Per tal de determinar i analitzar adequadament l'AVD, cal conèixer tot el conjunt de factors que la poden condicionar i modificar. Concretament, aquests elements es poden classificar en els paràmetres de l'estímul o bé en els atributs humans. Així doncs, les mesures de l'AVD es poden veure alterades i cal tenir unes certes pautes en comú per tal de que els resultats es puguin considerar efectius, comparables i vàlids. Alguns d'aquests factors són els següents:

- *La luminància.* A l'incrementar la luminància, millora l'AVD. En casos on els nivells de luminància ja no tenen una millora en l'AVE, si que la poden tenir en l'AVD (Ludvigh & Miller, 1958).
- *La velocitat de l'estímul.* A mesura que augmenta la velocitat de l'estímul l'AVD disminueix (Ludvigh i Miller, 1958). El problema que s'origina és que no s'ha arribat a un acord comú que determini a partir de quina velocitat s'observa tal disminució. Alguns opinen que és a partir de 25-30°/seg (Brown, 1972), altres a 120°/seg (Weissman & Freeburne, 1965). Aquest desacord evident entre les velocitats d'uns i altres probablement sigui degut a les diferències metodològiques emprades a l'hora de prendre les mesures. Ara bé, Sanderson i Whiting (1974), van considerar la possibilitat de que els subjectes no eren idèntics i que existien persones més o menys resistents a la velocitat. Els primers

percebrien un desgast en l'AVD quan la velocitat de l'estímul augmentés, mentre que els del segon tipus patirien un menor deteriorament en aquesta habilitat.

- *El contrast.* L'AVD augmenta amb el contrast entre l'estímul i el fons pel qual es desplaça (Aznar-Casanova, Quevedo & Sinnet, 2005; Brown, 1972; Long & Garvey, 1988).
- *El temps d'exposició de l'estímul.* A menor temps d'exposició, menor AVD (Elkin, 1962; Miller, 1959).
- *L'edat.* L'AVD empitjora amb l'edat (Ishigaki & Miyao, 1994; Long & Crambert, 1990; Wist, Schrauf & Ehrenstein, 2000).
- *Diàmetre pupil·lar.* A major diàmetre pupil·lar millor AVD (Ueda et al., 2006 i 2007).
- *Gènere.* Diferents estudis coincideixen que els homes tenen millor AVD que les dones malgrat no tenir causes determinants (Burg & Corpin, 1966; Ishigaki & Miyao, 1994; Millslagle, 2004). Tot i així, Quevedo (2007) no va trobar diferències significatives entre gèneres, ni en estudiants sedentaris ni en esportistes d'elit.
- *L'entrenament visual.* Permet millorar l'AVD (Long & Riggs, 1991; Long & Rourke, 1989; Ludvigh & Miller, 1958). El benefici es pot ocasionar tan en la població sedentària com en atletes (Long & Riggs, 1991).
- *El rendiment esportiu.* Nombrosos estudis conclouen que els esportistes tenen millors habilitats visuals, entre elles l'AVD, que la població sedentària (Ishigaki & Miyao, 1993; Melcher & Lund, 1992; Millslagle, 2000; Quevedo, Aznar-Casanova, Merindano, Cardona & Solé, 2010; Stine et al., 1982). Dins el context del rendiment esportiu, sembla ser que els esportistes d'elit tenen millors habilitats visuals que els de menor nivell (Banks et al., 2004).

- *La fatiga.* L'AVE augmenta després de realitzar un exercici físic (Vlahov 1977; Watanabe, 1983; Whiting & Sanderson, 1972). Per contra, diferents estudis han determinat que la fatiga pot produir (Millsagle et al., 2005), o no (Arteaga, Torre & Delgado, 2002; Du Toit et al., 2006) un augment de l'AVD.
- *Consum de drogues.* S'ha comprovat que el consum de marihuana redueix l'AVD (Adams et al., 1975). També s'ha demostrat que la ingesta d'etanol no produïa canvis en l'AVE però sí en l'AVD (Schmal et al., 2000). Aquest fet demostraria com l'efecte de l'alcohol repercuteix principalment sobre el sistema oculomotor. Per altra banda, Honegger, Kampschulte i Klein (1970) van observar com l'AVD es veia alterada durant la difusió de l'alcohol per l'organisme. Concretament que, el major deteriorament de l'AVD es produïa a la mitja hora després de la ingesta i que aquesta disminució era notable amb nivells d'alcohol en sang de tan sols 0,02 grams per litre.

Si ens fixem concretament en el procés evolutiu de l'AVD, diversos estudis afirmen que entre els 15 i 20 anys és l'interval d'edat on es considera que l'AVD és desenvolupada amb eficiència. En concret, Ishigaki i Miyao (1994) van demostrar que l'AVD creix ràpidament entre els 5 i 15 anys. Wist et al. (2000) van afirmar que és a partir dels 20 anys on hi ha una disminució lenta i constant de l'AVD i que es farà més evident a la dècada dels 50. Altres autors com Williams (1983), consideren que l'AVD arriba al seu màxim rendiment als 12 anys. Com hem vist, l'AVD pot ser influenciada per diferents aspectes. En aquest sentit, 400 subjectes entre 4 i 24 anys van ser avaluats per tal de determinar la seva AVD amb diferents nivells de contrast (Wist et al., 2000) i la conclusió final va ser que, per a tots els nivells, el major rendiment es produïa a l'edat de 15 anys.

L'envelliment implica que la llum no arribi completament a la retina i es generi una reducció de l'AV i de la sensibilitat al contrast (Long & Crambert, 1990; Wist et al., 2000). A més, l'envelliment també comporta un deteriorament

fisiològic dels moviments oculars (Eby et al., 1998) o dèficit d'atenció i processament de la informació (Wist et al., 2000). Aquesta disminució de l'AVD és més ràpida fins i tot que en l'AVE (Burg, 1966; Ishigaki & Miyao, 1992).

La informació exposada apunta que l'AVD madura després de l'AVE. El ple desenvolupament de l'AVE en absència de patologia s'aconsegueix entre els 5 i 6 anys (Birch et al., 1983; Rosner 1982; Skoczinski & Norcia 2002; Teller 1983). En canvi, l'AVD madura al consolidar-se l'aparell oculomotor. Precisament, Scheiman i Wick (1996) apunten que el desenvolupament oculomotor és lent i que clínicament no s'observa el progrés fins aproximadament als 12 anys d'edat. Morris (1980) constata que els nens entre 5 i 6 anys poden seguir amb precisió objectes en moviment en el pla horitzontal mentre que fins els 8 o 9 anys no poden controlar amb efectivitat estímuls que es moguin descrivint un arc. Birbaum (1994) també hi coincideix dient que els moviments oculars verticals i oblics s'adquireixen posteriorment. Així doncs, el rendiment és superior en trajectòries horitzontals que en diagonals ("efecte oblic") (Appelle, 1972; Gros, Blake & Hiris, 1998; Loffler & Orbach, 2001; Meng & Qian, 2005). Aquest fet podria ser degut a que les direccions verticals i horitzontals generen majors respostes neuronals (Li, Peterson & Freeman, 2003; Xu, Collins, Khaytin, Kaas & Casagrande, 2006).

Tornant al concepte de l'activitat física, com s'ha dit amb anterioritat, en l'àmbit esportiu existeix la necessitat de controlar objectes mòbils. Implica activitats en les quals o bé els estímuls es desplacen a certes velocitats o existeix un moviment relatiu entre l'objecte i l'individu. En els dos casos és necessària una perfecta resolució per tal d'anticipar la resposta més encertada. L'AVD en aquests casos es presenta millor que en la resta de la població (Ishigaki & Miyao, 1993; Millslagle, 2000; Quevedo et al., 2011). L'AVD és especialment rellevant en els esports que impliquen moviments a gran velocitat. Aquests fets justifiquen que la valoració de l'AVD pugui ser beneficiosa en el maneig optomètric d'aquells esportistes les demandes visuals dels quals exigeixin un bona habilitat per controlar objectes en moviment.

Així doncs, l'AVD i l'esport presenten una relació molt estreta i són dos termes que, generalment, van molt lligats. Per tant, a l'hora de determinar l'AVD serà imprescindible que l'usuari sigui capaç de percebre estímuls en moviment. A més, per analitzar aquesta habilitat es poden variar diferents paràmetres i característiques de l'estímul (contrast, luminància, velocitat de l'estímul, etc). En el nostre cas, el treball es centrarà en la comparació de l'AVD entre esportistes de motor (automobilisme i motociclisme), de tennis taula i de waterpolo. Ens sembla una comparació interessant ja que les tres modalitats presenten paràmetres, situacions i condicions esportives bastant diferents entre elles tot i que tenen en comú la implicació del moviment. Per una banda, els automobilistes i motociclistes presenten una condició esportiva on ells piloten un vehicle en moviment. D'aquesta manera, tot el seu entorn se'ls hi presenta a una alta velocitat i han de ser capaços de seguir el circuit afrontant els avançaments i la circulació rigorosa. Per altra banda, els waterpolistes i jugadors de tennis taula el moviment se'ls hi exposa a partir de la pilota. Aquest serà l'estímul d'interès en les dues disciplines. En el cas dels waterpolistes, la seva pilota és més grossa i no adquireix una velocitat tant elevada en comparació a l'estímul presentat en la modalitat de tennis taula. Així doncs, malgrat els tres esports presentin certes diferències, podem considerar que comparteixen les condicions de dinamisme i moviment.



## 2. OBJECTIUS

- I. Determinar l'agudeses visual dinàmica d'alt i baix contrast en esportistes d'elit de diverses disciplines.
- II. Comparar l'agudeses visual dinàmica d'alt i baix contrast entre diferents disciplines esportives.
- III. Valorar la correlació entre l'agudeses visual dinàmica i l'agudeses visual estàtica.
- IV. Comparar l'agudeses visual dinàmica en alt i baix contrast.

### 3. HIPÒTESIS

Recolzant-nos en els estudis citats anteriorment plantegem que:

I. L'agudeses visual dinàmica serà més alta en el cas dels esportistes de tennis taula ja que aquest esport requereix d'un estímul (pilota) més petit i de major velocitat. (Ludvigh & Miller, 1958).

II. L'agudeses visual estàtica serà més gran que l'agudeses visual dinàmica i la seva relació moderada. (Banks et al., 2004).

III. L'agudeses visual dinàmica en alt contrast serà major que en la de baix contrast. (Aznar-Casanova, Quevedo & Sinnet, 2005; Brown, 1972; Long & Garvey, 1988).

## 4. MATERIAL I MÈTODE

### 4.1. Participants

Per tal de dur a terme aquest treball, hem comptat amb 30 esportistes d'elit del CAR (Centre d'Alt Rendiment) de Sant Cugat del Vallès. En concret, aquests esportistes pertanyen a tres tipus de modalitats diferents. Aquestes disciplines són el waterpolo, el tennis taula, l'automobilisme i el motociclisme (motor). Dels 30 esportistes, un 23.3% van ser noies i un 76.67% nois. Precisament, en la disciplina de motor i waterpolo el 100% dels participants van ser nois, en canvi, en tennis taula un 30% van ser nois i el 70% restant van ser noies. A més, en la modalitat de tennis taula, els esportistes presentaven una mitjana d'edat inferior envers als de motor i waterpolo (17.7, 22.4 i 23.5 anys respectivament).

Com a criteri d'inclusió vam acordar que els esportistes a avaluar havien de ser interns o concentrats en el CAR. Per contra, com a criteris d'exclusió vam decidir que no examinaríem a esportistes que presentessin alguna patologia visual, que haguessin patit algun traumatisme o bé que la seva AVE, avaluada amb l'optotip universal de Palomar (1991), sigues menor a 0,8 en condició de binocularitat.

### 4.2. Material

#### - *Optotip Palomar*

Per determinar tan l'AVE com l'AVD vàrem utilitzar l'optotip universal anell-disc de Palomar (Palomar, 1991).



Figura 1. Anell-Disc de Palomar.



Figura 2. Orientacions de l'Anell-Disc de Palomar.

Aquest optotip consta d'un anell negre amb un disc blanc com a punt de referència d'obertura i un cercle negre al centre. La peculiaritat d'aquest optotip és que el tamany del disc blanc i el cercle negre del centre corresponen ambdós al mínim separable i existeix sempre, entre totes les seves traçades, la mateixa separació. Com veiem a la figura 2, l'orientació del disc blanc, la localització del qual ha de ser determinada pel subjecte avaluat, pot situar-se en la direcció vertical, horitzontal o obliqua (45° i 135°). L'optotip de Palomar ens permetrà obtenir valors d'AV més ajustats i això farà que sigui un resultat més precís.

- **Programa DinVA 3.0.**

DinVA 3.0. utilitza com a estímul visual l'anell-disc de Palomar. Aquest presenta una perfecte resolució del tamany i a la vegada del color. A més, a part de poder canviar el tipus d'estímul (color i intensitat), també es pot seleccionar quin color o quina imatge es vol com a fons de la pantalla. És a dir, l'estímul es pot presentar suposant les diferents situacions esportives.



**Figura 3.** Optotips de Palomar amb Contrast 1 (0.997), Contrast 2 (0.54) i Contrast 3 (0.13).

$$[m = (L_{\text{màx}} - L_{\text{mín}}) / (L_{\text{màx}} + L_{\text{mín}})], \text{ Michelson (1927).}$$

Pel que fa a la presentació, el programa permet que l'estímul es pugui mostrar en diferents trajectòries: horitzontal dreta-esquerre i viceversa, vertical amunt-avall i viceversa, diagonal esquerre/amunt-dreta/avall i viceversa, diagonal dreta/amunt-esquerre/avall i viceversa. També es pot presentar en la opció de balanceig.

En el programa hi ha dos possibilitats per determinar l'AVD. La primera d'elles és mitjançant les sèries del tamany constant (Size Series). En aquest cas, es presenten tot un conjunt de seqüències on els estímuls presenten un tamany

constant, determinat prèviament, però se'n va disminuint la velocitat des del valor màxim fins al mínim. La prova finalitza un cop el nombre de respostes correctes iguala al nombre prèviament determinat al configurar la sèrie. Al finalitzar, el programa mostra la velocitat mitja, en metres/segon, i la desviació estàndard així com el nombre d'errors realitzats.

La segona possibilitat d'avaluació és mitjançant les sèries de velocitat constant (Speed Series). Altrament, serà la velocitat de l'estímul en aquest cas la que es mantindrà constant. Mentre l'estímul es va desplaçant per la pantalla, el seu tamany va augmentant des del mínim (2 píxels) al màxim (11 píxels), passant pels 10 valors possibles i canviant de tamany cada 2.3 segons com en el cas anterior. L'AVD també dependrà de la distància entre l'individu, la pantalla de l'ordinador i del tamany de l'anell en mm. Quan el nombre de respostes correctes iguala a un nombre prèviament determinat al configurar la sèrie, la prova finalitza i a la pantalla es mostra, per cada velocitat de desplaçament, l'agudesesa visual mitja i la desviació estàndard, així com el nombre d'errors realitzats.

Per realitzar les mesures correctament cal que el programa es calibri i es configuri adequadament. El calibratge consta en determinar l'amplada i l'altura d'un rectangle presentat a la pantalla. Els valors s'introduiran en mil·límetres en les caselles indicades en la pantalla de configuració. Entre d'altres, l'examinador també ha de configurar tot un conjunt de paràmetres. Aquests paràmetres són: l'avanç (píxels) de l'optotip a través de la pantalla, el mode (Hard o Easy), la taxa de refresc de la pantalla, la imatge o color del fons de pantalla, l'estímul o optotip, la trajectòria de l'optotip, el balanceig de l'estímul, el nombre de respostes correctes per test, el nombre d'assaigs, la distància del pacient avaluat a la pantalla de l'ordinador i el tipus de sèrie (Size Series o Speed Series).

El resultat de l'AV dependrà de la mida del píxel. En el nostre cas, utilitzarem una pantalla de 1024x768 en la que el tamany de cada un dels píxels equival a 0.3016 mm. Com hem dit, el rang de tamany de l'optotip va des de  $s=2$  píxels fins  $s=11$  píxels. A tall d'exemple, presentem una taula suposant que existeix

una distància de 2 metres entre la pantalla de l'ordinador i la persona examinada:

<b>Píxels Optotip</b>	<b>S píxels</b>	<b>S (mm)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>AV</b>
10	2	0.603	2000	0.964
15	3	0.905	2000	0.643
20	4	1.206	2000	0.482
25	5	1.508	2000	0.386

**Taula 1.** Relació entre tamany del píxel, tamany de l'estímul i agudeses visual.

Pel que fa a la determinació de la velocitat, el programa utilitza la següent equació:

$$vel.\left(\frac{\text{metres}}{\text{segons}}\right) = \text{velocitat del pc} \left(\frac{\text{dibuixos}}{\text{segons}}\right) \times \text{dist.} \left(\frac{\text{metres}}{\text{dibuix}}\right) \times \text{avanç}$$

Així doncs, la velocitat de desplaçament de l'optotip depèn del nombre d'imatges per segon que poden ser presentades en el dispositiu gràfic del PC, del tamany del píxel i de l'avanç de l'estímul a través de la pantalla. Aquest avanç és una constant que defineix el salt en píxels que es dona cada vegada que es dibuixa l'estímul. Sí l'avanç és 1, dibuixarà en tots els píxels de la pantalla (1024). Per tal d'obtenir les 10 velocitats diferents, es modifica l'avanç depenent de la velocitat seleccionada. S'ha de tenir en compte que l'avanç real és un percentatge de l'avanç definit inicialment, que constitueix el paràmetre que determina per un ordinador amb iguals característiques de velocitat de PC i de tamany en píxels, en les diferents velocitats de l'estímul. A continuació, us mostrem una taula on es reflecteixen aquestes relacions i on es consideren les següents velocitats:



Taxa de refresc	Tamany Optotip (mm)	Avanç (píxels)	Velocitat	Avanç real (píxels)	Velocitat (m/seg)
100	0.301667	17	1	17	0.503
100	0.301667	17	5	9	0.302
100	0.301667	17	10	2	0.05

**Taula 2.** Relació de velocitats.

- **Ordinador**

El programa DinVA 3.0. requereix d'un ordinador amb la versió Windows NT o superior, i més de 32 MB de RAM. Per altra banda, cal que la pantalla tingui una resolució mínima de 1024x768, amb color vertader.

- **Cable d'allargament del teclat**

Per situar el test a la distància d'examen determinada.

### 4.3. Instal·lacions

Les proves visuals s'han realitzat al Centre de Visió del CAR de Sant Cugat del Vallès.

### 4.4. Procediment

Després d'haver-nos posat en contacte amb els entrenadors dels esportistes a examinar, vam dur a terme la part experimental que es va realitzar sota consentiment informat segons recomanacions de la Declaració de Hèlsinki (1964). Si l'esportista utilitzava algun tipus de neutralització òptica a l'hora de realitzar la pràctica esportiva, ja sigui lents de contacte o ulleres, aquesta es portava durant l'examen visual. Les proves varen ser realitzades per un únic optometrista entrenat.

Inicialment se li explicava al participant les característiques de la prova i se li van donar oralment les instruccions a seguir. A partir d'aquí, es va efectuar el següent ordre de proves:

- *Anamnesi.* Primerament es va anotar l'edat, el sexe, la modalitat esportiva, la correcció refractiva si existia i la presència o no d'algun símptoma.
- *Agudesa visual estàtica.* Partint de que l'esportista realitzava l'examen amb les condicions habituals, l'agudesa visual estàtica va ser presa en distància llunyana (a 5 metres d'acord amb el protocol estàndard ordinari). Es va avaluar amb l'optotip de Palomar (1991) i de manera binocular. Tot i així, ens vam assegurar de que monocularment l'esportista no presentés una diferència de més d'una línia i estiguéssim davant un cas d'ambliopia. Per tal de considerar que el subjecte entrava dintre dels valors adients per a la realització de l'examen, no havia de tenir una AVE inferior a 0.8. Com s'ha dit anteriorment, prendre l'agudesa visual amb l'optotip de Palomar et permet ser més acurat a l'hora d'obtenir el resultat. Un cop l'esportista es trobava a la distància de 5 metres i apunt per realitzar la mesura, per tal de facilitar-li la interpretació, li dèiem que s'imaginés l'optotip com una mena de rellotge i d'aquesta manera hauria de dir-nos l'hora que era (imaginant-se que l'obertura del disc era la broca petita del rellotge). A partir d'aquí i entès el procediment, se li demanava fins a quina línia podia veure l'obertura de l'anell-disc. Suposant que l'individu veia fins la línia del 0.8 però era capaç també de determinar-ne dos més de la línia del 0.9, fèiem avançar el subjecte de mig metre en mig metre fins que sigues capaç de determinar tota la línia del 0.9. Imaginant que la veu sencera a una distància de 3.5 metres, aquesta distància serà multiplicada per 2 i formarà part del segon decimal de l'AVE. És a dir, el resultat final de l'AVE serà 0.87. Per tant, el resultat final, a l'hora de determinar l'AVE en l'optotip de Palomar, consta del valor d'agudesa visual que l'individu ha estat capaç de veure a la distància de 5 metres i a més, el valor del segon decimal serà la multiplicació de 2 per la distància en la que ha estat capaç de determinar la següent filera (Palomar, 1991).

- *Agudesa visual dinàmica.* En aquest cas també utilitzarem l'optotip universal de Palomar implementat en el programa DinVA 3.0. En concret, varem fer dos valoracions, una en màxim contrast i l'altra en mínim ( $C1=0.99$  i  $C3=0.13$ ) (Michelson, 1927). Inicialment, predeterminàvem les opcions del programa adients amb les condicions en les quals volíem realitzar l'examen. Precisament, dictàvem que l'AVD es determinaria amb l'opció de "Speed Series", que l'estímul es presentés en la direcció horitzontal i amb balanceig, que tingués una velocitat constant ( $v1= 0.503$  m/seg o  $14,1^\circ$ /seg), que l'examen es realitzaria a una distància de 2000 mm respecte la pantalla i que s'havien de respondre correctament 10 blocs. Un cop programat, l'observador s'assentava a 2 metres de la pantalla amb la seva mà dominant damunt del teclat numèric. Seria a partir del teclat numèric que hauria d'indicar cap a on apareixia l'obertura de l'optotip (dreta, esquerra, amunt, avall, esquerra/amunt, esquerra/avall, dreta/amunt o dreta/avall). Un cop instal·lat, realitzava un entrenament de la tasca que consistia en un assaig per tal de familiaritzar-se amb la prova. Un cop fet, l'esportista havia de fixar-se en la pantalla que es presentava totalment blanca. Quan es premia la cel·la de "begin" amb el ratolí de l'ordinador, la prova s'iniciava i apareixia l'estímul desplaçant-se per la pantalla a una velocitat constant de 0.503 metres/segon. En aquest instant era quan es tenia en compte el temps i això implicava que l'esportista determinés la direcció de l'obertura de l'anell com més ràpid possible però intentant cometre els mínims errors ja que aquests penalitzarien. Quan s'iniciava la presentació de l'estímul, aquest es mostrava molt petit però s'anava fent més gran de manera paulatina. Com hem dit, en el nostre cas l'estímul es presentava tota l'estona amb una trajectòria horitzontal i amb balanceig. Així doncs, quan el nombre de respostes correctes era igual a 10 finalitzava l'assaig, registrant l'agudesa visual mitja i la desviació estàndard, així com el nombre d'errors produïts. Com s'ha indicat, l'examen es va realitzar per a condicions d'alt contrast i baix contrast. Per tant, la prova consistia en dos sèries d'un assaig, resultants de combinar dos contrastos amb una velocitat i una trajectòria.

L'examen visual va resultar tenir una durada aproximada de 10 minuts per persona.

#### **4.5. Anàlisi estadístic**

Les dades obtingudes han estat registrades amb el full de càlcul Excel (Microsoft Office Excel 2007) i analitzades amb el programa Stata 14 (StataCorp LP).

En primer lloc s'ha realitzat l'estadística descriptiva calculant mitges i desviacions estàndard de les variables AVE i AVD de la mostra d'esportistes completa i segregat per modalitats.

Posteriorment, donat el limitat número d'esportistes de cada grup, hem aplicat la prova no paramètrica de Wilcoxon per a mostres no relacionades en les tres variables d'interès AVE i AVD alt i baix contrast.

Tanmateix, per estudiar la relació entre AVE i AVD, i AVD d'alt i baix contrast hem aplicat la prova de la Rho d'Spearman.

## 5. RESULTATS

En primer lloc presentem la taula 3 amb l'estadística descriptiva de les dades obtingudes per tota la mostra d'esportistes:

Variable	Observats	Mitjana	Desviació Est.	Valor Mín.	Valor Màx.
AVE	30	1,054333	0,1214406	0,82	1,5
AVDaltCv1	30	0,4942667	0,0878796	0,3	0,668
AVDbaixCv1	30	0,3297333	0,0766604	0,198	0,525

**Taula 3.** Estadística descriptiva de tota la mostra d'esportistes: AVE, AVD alt contrast i AVD baix contrast.

Posteriorment mostrem els resultats obtinguts per cada disciplina esportiva:

MOTOR					
Variable	Observats	Mitjana	Desviació Est.	Valor Mín.	Valor Màx.
AVE	10	1,032	0,1186545	0,85	1,21
AVDaltCv1	10	0,4901	0,100106	0,3	0,668
AVDbaixCv1	10	0,3571	0,1087305	0,198	0,525

**Taula 4.1**

WATERPOLO					
Variable	Observats	Mitjana	Desviació Est.	Valor Mín.	Valor Màx.
AVE	10	1,062	0,0285968	0,99	1,09
AVDaltCv1	10	0,5306	0,0650012	0,429	0,609
AVDbaixCv1	10	0,316	0,0602993	0,252	0,445

**Taula 4.2**

TENNIS TAULA					
Variable	Observats	Mitjana	Desviació Est.	Valor Mín.	Valor Màx.
AVE	10	1,069	0,1782289	0,82	1,5
AVDaltCv1	10	0,4621	0,0894569	0,338	0,622
AVDbaixCv1	10	0,3161	0,0472216	0,257	0,386

**Taula 4.3**

**Taules 4.1, 4.2 i 4.3.** Estadística descriptiva de cada grup d'esportistes per separat (1: Motor, 2: Waterpolo, 3: Tennis taula) per les variables AVE, AVD alt contrast i AVD baix contrast.

Mitjançant la prova de Wilcoxon per dues mostres independents (Mann-Whitney) hem constatat que no existeixen diferències estadísticament significatives entre els tres grups en les variables AVE i AVD d'alt i baix contrast.

Per últim, s'han analitzat les relacions entre les variables AVE - AVD alt contrast i AVD alt contrast - AVD baix contrast evidenciant-se:

- Correlació moderada i estadísticament significativa entre AVE i AVD alt contrast

(Spearman's rho = 0.5071;  $p= 0.0042$ )

- Correlació moderada i estadísticament significativa entre AVD alt i baix contrast

(Spearman's rho = 0.5113;  $p= 0.0039$ )



## 6. DISCUSSIÓ

Un cop classificats i representats els resultats obtinguts, podem procedir en analitzar-los i valorar-los.

En primer lloc, fixant-nos en l'estadística descriptiva global dels esportistes, dir que, en general s'han obtingut valors d'AVD i d'AVE bastant estàndards, malgrat presentar certa diferència entre el valor màxim i mínim de les tres disciplines. En el cas de l'AVE és així ja que s'han plantejat valors estàndard (Snellen, 1862; Elliott, 1995) per poder prendre part en l'estudi. Per contra, en el cas de l'AVD, encara no s'han publicat valors normatius i és a partir de diferents estudis que podem comparar els nostres resultats i valorar-los (Quevedo, 2007; Quevedo et al., 2012). Així doncs, podem afirmar que la mitjana d'aquests dos paràmetres es troben dintre de la norma. D'aquesta manera podem considerar que els esportistes, a escala general, presenten valors òptims tan en l'agudesa visual estàtica com en la dinàmica. A més, com s'ha dit anteriorment, l'optotip Palomar és més estricte en la valoració de l'AVE i aquest fet podria indicar valors lleugerament superiors als de la població sedentària.

Centrant-nos en l'anàlisi de les diferents variables entre les tres modalitats, veiem que la primera de les nostres hipòtesis no es compleix. En ella plantejàvem, a partir de les investigacions realitzades per Ludvigh i Miller (1958), que en la modalitat de tennis taula obtindríem valors d'AVD superiors envers els altres dos grups. Això no ha estat així, i els esportistes de tennis taula obtenen, a trets generals, valors lleugerament inferiors envers als waterpolistes i als esportistes de motor. Concretament, en el cas on l'estímul era d'alt contrast, els esportistes de tennis taula ofereixen un valor mig inferior de 0.0685 punts respecte els waterpolistes i 0.028 respecte als automobilistes i motociclistes. En aquest cas, són els esportistes de waterpolo els que mostren un patró més lineal i regularitzat on els seus valors individuals sobrepassen lleugerament els esportistes de les altres dos modalitats.

Si ens fixem ara en la condició de baix contrast, obtenim valors d'AVD inferiors en les tres disciplines. Així doncs, en aquest es confirma la tercera de les

nostres hipòtesis, on suggeríem que en el cas de presentar l'estímul amb més contrast obtindríem una major AVD. D'aquesta manera, amb els resultats obtinguts ens unim a les conclusions oferides per Aznar-Casanova, Quevedo & Sinnet (2005), Brown (1972) i Long & Garvey (1988). Concretament, en l'estudi plantejat són els esportistes de motor els que determinen un valor mig més elevat i es situen 0.0411 punts per damunt dels waterpolistes i 0.041 per damunt dels jugadors de tennis taula. Per tant, podem detectar que en aquest cas els jugadors de tennis taula i de waterpolo no mostren una gran diferència pel que fa a la mitjana i podríem considerar que les dos disciplines es troben en una conjuntura molt similar.

Malgrat presentar aquestes desigualtats en l'AVD, en alt i baix contrast, cal dir que no es mostren grans diferències en cap dels casos. Mitjançant la prova de Wilcoxon es constata que entre cap de les tres disciplines existeix diferències estadísticament significatives. Pel que fa a l'estudi realitzat per Quevedo et al. (2012), malgrat que aquest estigués enfocat a determinar les diferències d'AVD en funció del gènere, tampoc van obtenir diferències estadísticament significatives en cap variable. Per contra, en el posterior estudi de Quevedo, Castañé, Solé i Cardona (2014), sí que van constatar l'existència de diferències estadísticament significatives en l'AVE habitual entre diferents modalitats esportives. Ara bé, en aquest últim cas les diferències establertes tampoc van ser clínicament significatives.

Pel que fa a l'AVE, efectivament s'han obtingut valors més elevats comparant-los amb l'AVD. Això s'ha complert en totes tres modalitats esportives i en tots i cada un dels esportistes. Així doncs, es compleix la segona de les nostres hipòtesis i ens podem sumar als resultats obtinguts per Banks, et al. (2004). Concretament, podem considerar que els waterpolistes, com a grup, són força homogenis i no es mostren grans diferències entre les seves AVE. No obstant això, qui acaba obtenint una mitjana superior, però no detonant, són els jugadors de tennis taula. Aquests últims lideren el promig amb una diferència de 0.007 respecte als waterpolistes i de 0.037 respecte als esportistes de motor (diferència clínicament no significativa). Així doncs, malgrat que els jugadors de tennis taula es situïn en valors mínims pel que fa a la l'AVD, en aquest cas, són els que manifesten una major AVE. Ara bé, cal dir que és en aquesta

modalitat on es troba l'esportista que va assolir el màxim valor d'AVE i, per tant, fa augmentar la mitjana del grup considerablement. De nou, aquestes diferències no tenen, en cap cas, significació clínica.

Si analitzem la relació entre l'AVE i de l'AVD, obtenim correlacions estadísticament significatives segons la prova de la Rho de Spearman. En concret, aquestes correlacions es generen entre els paràmetres d'AVE - AVD alt contrast i d'AVD alt contrast - AVD baix contrast. En els dos casos són correlacions moderades, al voltant del 50%. En el primer cas, la correlació resultant és de Spearman's  $\rho = 0.5071$  ( $p = 0.0042$ ) i en el segon cas Spearman's  $\rho = 0.5113$  ( $p = 0.0039$ ). Per tant, aquestes relacions ens indiquen que les variables segueixen un patró similar i que s'evidencia en els resultats obtinguts. La correlació AVE/AVD està pròxima a la constatada per Quevedo (2007) a velocitats de 5.3°/seg però a 5 metres de distància de la pantalla. Aquesta dada aporta validesa de contingut al test DinVA 3.0. utilitzat (Muñiz, 1992).

Si ens parem a pensar en les causes i les raons de perquè s'han obtingut els resultats esmentats, probablement no puguem trobar un motiu concret. Ara bé, podem tenir en compte certs elements que poden haver influenciat els resultats finals. Aquests aspectes, sobretot, els podem situar en els grup dels esportistes relacionats amb el tennis taula. És només en aquest grup on la majoria de les persones examinades formaven part del sexe femení. No és una dada excloent ni molt menys, però sí que, potser, a l'hora de comparar les tres modalitats esportives pot tenir una lleugera influència, ja que com hem vist en el marc teòric, alguns estudis han conclòs que els homes presenten millor AVD que les dones (Burg & Corpin, 1966; Ishigaki & Miyao, 1994; Millslagle, 2004). Per altra banda, en aquest mateix grup d'esportistes, la mitjana d'edat no supera els 20 anys cosa que en les altres dues modalitats no és així. Aquest factor podria ser també un dels motius de perquè és el grup de tennis taula qui determina unes AVD més baixes, ja que al ser individus més joves i formar part de l'etapa de l'adolescència, podrien no tenir del tot estabilitzat el sistema visual i d'aquesta manera donar resultats menys precisos (Ishigaki & Miyao, 1994; Long &

Crambert, 1990; Wist et al., 2000). Per tant, pensem que aquests són dos factors importants a tenir en compte a l'hora de comparar i valorar els resultats.

Tot i així, encara que en les altres dues modalitats la mitjana d'edat sigui similar i que tots els components siguin homes, no s'obté un patró exacte. Malgrat això, a nivell estadístic no existeixen diferències significatives i per tan es poden considerar grups iguals. En l'AVE, són els waterpolistes els qui sobrepassen als de l'àmbit del motor amb diferències que no són ni clínicament ni estadísticament significatius. És així també en l'AVD en condicions d'alt contrast. Però, en la prova de baix contrast, són els del motor qui superen als waterpolistes. Una de les explicacions, sobre aquesta última afirmació, podria ser que els motociclistes i automobilistes estan acostumats a realitzar la seva tasca esportiva amb tot tipus de condicions visuals. És a dir, piloten en bones condicions ambientals (alt contrast) però també en condicions més adverses, ja sigui amb pluja o boira (baix contrast). A diferència d'ells, els waterpolistes efectuen l'esport en un espai interior, ben il·luminat i en condicions d'alt contrast majoritàriament.

Un altre aspecte a destacar és que, possiblement, els resultats obtinguts no han estat significatius i no s'han pogut observar diferències entre les disciplines ja que totes elles formen part de l'àmbit dinàmic. És a dir, si haguéssim comparat altres modalitats amb característiques d'entorn més controlat i considerades estàtiques com ara el tir de precisió, aleshores possiblement hauríem observat més diferències entre elles i les estudiades en el treball. Per tant, seria del tot convenient tenir en compte aquest factor, juntament amb l'edat i el sexe esmentat anteriorment, si es volguessin realitzar noves investigacions en aquest àmbit.

## 7. CONCLUSIONS

- No hi ha diferències estadísticament significatives en AVD d'alt i baix contrast entre les modalitats de Motor, Waterpolo i Tennis Taula.
- Hi ha una correlació moderada i estadísticament significativa entre AVE i AVD d'alt contrast.
- No hi ha una correlació estadísticament significativa entre AVE i AVD de baix contrast.
- Hi ha una correlació moderada i estadísticament significativa entre AVD de baix i alt contrast, la qual cosa aporta validesa al test utilitzat.

## 8. BIBLIOGRAFIA

Adams, A.J., Brown, B., Flom, C., Jones, R.T., Jampolsky, A. (1975). "Alcohol and marijuana effects of static visual acuity" a *Am J Optom Physiol Opt.* 52: 729-35.

Arteaga, M., Cardenas, D., Delgado, M. (2000). "*Influencia del esfuerzo físico anaeróbico en la visión periférica vertical y horizontal*" a *Revista de Motricidad.* 6: 123-139.

Arteaga, M., Torre, E., Delgado, M. (2002). "*The influence of anaerobic physical exertion on dynamic visual acuity and ocular motility*" a *Journal of Human Movement Studies.* 42: 109-126.

Ando, S., Kida, N., Oda, S. (2001). "*Central and peripheral visual reaction time of soccer players and nonathletes*" a *Perceptual and Motor Skill.* 92(3): 786-794.

Banks, P.M., Moore L.A., Liu, C., Wu, B. (2004). "*Dynamic visual acuity: a review*" a *South African Optometrist.* 63(2): 58-64.

Bard, C. Fleury, M. (1990). "*Metabolic fatigue and the performance of visual tasks*" a *Canadian Journal of Sport Sciences.* 15(1): 45-50.

Beckerman, S., Hitzeman, S. (2001). "*The ocular characteristics of an athletic population*" a *Optometry.* 72: 498-509.

Beckerman, S., Hitzeman S. (2003). "*Sports vision testing of selected athletic in the 1997 and 1998 AUU Junior Olympic Games*" a *Optometry.* 74(8): 502-16.

Behar, I., Kimball, K.A., Anderson, D.A. (1976). "*Dynamic Visual Acuity in Fatigued Pilots*" a *Army Aeromedical Research Lab fort Rucker Al.* ADA027663.

Birch, E.E., Gwiazda, J., Bauer, J.A.Jr., Naegle, J., Held, R. (1983). "*Visual acuity and its meridional variations in children aged 7-60 months*" a Vision Research. 23: 1019-1024.

Boden, L. M., Rosengren, K. J., Martin, D.F., Boden, S. D. (2009). "*A comparison of static near stereo acuity in youth baseball/softball players and non- ball players*" a Optometry. 80(3): 121-125.

Brown, B. (1972). "*Dynamic visual acuity, eye movements and peripheral acuity for moving targets*" a Vision Research. 12: 305-321.

Brown, B. (1972). "*The effect of target contrast variation on dynamic visual acuity and eye movements*" a Vision Research. 12: 1213-1224.

Burg, A. (1966). "*Visual acuity as measured by dynamic and static tests: A comparative evaluation*" a J Applied Psychology. 50: 460-466.

Burg, A., Hulbert, S.F. (1961). "*Dynamic visual acuity as related to age, sex and static acuity*" a J Applied Psychology. 45(2): 111-116.

Carpenter, J.A.(1962). "*Effects of alcohol on some psychological processes*" a Quarterly Journal of Studies on Alcohol. 23: 274-314.

Classé, J. G. (1993). "*Optometry Clinics*" a Sports Vision 3(1): 84-88. Norwalk, Connecticut: Appleton & Lange.

Cline, D., Hoffstetter, H.W., Griffin, J.R. (1980). "*Dictionary of Visual Science*". 3th Ed. Radnor, PA: Chilton.

Committee on Vision of the National Research Council. "*Emergent Techniques for Assessment of Visual Performance*". Washington: National Academy Press, 1985.

De Teresa, T. (1992). *“Visión y práctica deportiva: entrenamiento de biofeedback en deporte de alto rendimiento”*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.

Du Toit, P.J., Kruger, P.E., de Wet, K.B., van Vuuren, B., van Heerden, H.J., Janse van Rensburg, C. (2006). *“Influence of exhaustion on metabolism and visual motor performance of professional cricket players”* a African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance. 12(1): 50-59.

Eby, D.W. Trombley, D.A., Molnar, L.J., Shope, J.T. (1998). *“The assessment of older driver’s capabilities: A review of the literature”* a Ann Harbour: The University of Michigan Transportation Research Institute.

Elkin, E.H. (1962). *“Target velocity, exposure time and anticipatory tracking time as determinants of dynamic visual acuity”* a Journal of Engineering Psychology. 1: 26-33.

Gilman, G., Getman, G. N. (1984). *“What is Behavioral Optometry?”* a Journal of the American Optometric Association. 55: 803.

Goodale, M. A., Milner, A. D. (1992). *“Separate visual pathways for perception and action”* a Trends in Neurosciences. 15(1): 20-25.

Honegger, H., Kampschulte, R., Klein, H. (1970). *“Alcohol disturbance of visual acuity for moving objects”* a Blutakohol. 7: 31-44.

Hulbert, S.F., Burg, A., Knoll, H.A., Mathewson, J.F. (1958). *“A preliminary study of dynamic visual acuity and its effects in motorist vision”* a Journal of the American Optometric Association. 10 (55): 747-752.

Ishigaki, H., Miyao, M. (1993). *“Differences in dynamic visual acuity between athletes and nonathletes”* a Perceptual and Motor Skills. 77: 835-839.



Ishigaki, H., Miyao, M. (1994) *"Implications for dynamic visual acuity with changes in age and sex"* a Perceptual and Motor Skills. 78(2): 363-369.

Jafarzadehpur, E., Yarigholi, M. R. (2004). *"Comparison of visual acuity in reduced lumination and facility of ocular accommodation in table tennis champions and non-Players"* a Journal of Sports Science and Medicine. 3(1): 44-48.

Krueger, M., Focke, T., Sperlich, B., Zinner, C., Mester, J. (2010). *"Correlation between maximal dynamic strength of specific muscle groups and throwing speed in elite water polo players"* a XI Congress on Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo.

Kohmura, Y., Aoki, K., Honda, K., Yoshigi, H., Sakuraba, K. (2008). *"The relationship between dynamic visual acuity and saccadic eye movement"* a Human Performance Measurement. 5: 23-30.

Laby, D. M., Kirschen, D. G. (2011). *"Thoughts on Ocular Dominance- Is It Actually a Preference?"* a Eye Contact Lens [Epub ahead of print].

Long, G., May, P. (1992). *"Dynamic Visual Acuity and Contrast Sensitivity for Static and Flickered Grating in a College Sample"* a Optometry and Vision Science. 69(12): 915-922.

Long, G.M., Crambert, R.F. (1990). *"The nature and basis of age related changes in DVA"* a Psychology and Aging. 5(1): 138-143.

Long, G.M., Garvey, P.M. (1988). *"The effects of target borders on dymanic visual acuity: Practical and theorical implications"* a Perception. 17: 745-752.

Long, G.M., Riggs, C.A. (1991). *"Training effects on dynamic visual acuity with free head viewing"* a Perception. 20: 363-371.

Long, G.M., Rourke, D.A. (1989). "*Training effects in the resolution of moving targets-dynamic visual acuity*" a Human factors. 31: 443-451.

Loran, D., MacEwen, C. (1995). "*Sports Vision*" a Oxford: Butterworth & Heinemann.

Ludvigh, E. (1949). "*Visual acuity while one is viewing a moving object*". A Archives of Ophtahlmology. 42: 14-22.

Ludvigh, E., Miller, J.W. (1958). "*Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects*" a Journal of the Optical Society of America. 48: 799-802.

Maman, P., Sandeep Kumar, B., Jaspal Singh, S. (2011). "*Role of sports vision and aye hand coordination training in performance of table tennis players*" a Brazilian Journal of Biomotricity. 5(2): 106-116.

Melcher, M. H., Lund, D.R. (1992). "*Sports Vision and the high school student athlete*" a Journal of the American Optometric Association. 7 (63): 466-474.

Merrill, J.Z. (2004). "*The effects of stimulus motion on contrast sensitivity: dynamic sensitivity functions*". Tesi doctoral. University of Central Florida, Department of Psychology. Orlando (Florida), 2004.

Miller, J.W. (1959). "*Effect of exposure time upon ability to perceive a moving target*". NSAM-573. Naval School of Aviation Medicine. Pensacola, Florida. Citat en: Committee on Vision of the National Research Council. "*Emergent Techniques for Assessment of Visual Performance*". Washington: National Academy Press, 1985.

Millslagle, D.G. (2000). "*Dynamic Visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball*" a Perceptual and Motor Skills. 2(90): 498-504.

Millslagle, D.G. (2004). "*Coincidence anticipation and dynamic visual acuity in young adolescents*" a Perceptual and Motor Skills. 99: 1147-1156.

Millslagle, D.G., DeLaRosby, A., VonBank, S. (2005). *"Incremental exercise in dynamic visual acuity"* a Perceptual and Motor Skills. 101: 657-664.

Muiños, M., Ballesteros, S. (2015). *"Sports can protect dynamic visual acuity from aging: A study with young and older judo and karate martial arts athletes"* a Attention, Perception & Psychophysics. 77: 2061-2073.

Muñíz, J. (1992). *Teoría clàssica de los test*. Madrid: Pirámide

Nakatsuka, M., Ueda, T., Nawa, Y., Yukawa, E., Hara, T., Hara, Y. (2006). *"Effect of static visual acuity on dynamic visual acuity: A pilot study"* a Perceptual and Motor Skills. 103: 160-164.

Palomar, F.J. (1991). *"Anillo-Disco Palomar: Optotipo Universal para determinar la agudeza visual"* a Ver y Oír. 61: 29-35.

Quevedo Junyent, LL., Aznar Casanova, J.A., Encina Merindano, D., Solé Fortó, J. (2010). *"Una tarea para evaluar la agudeza visual dinámica y una valoración de la estabilidad de sus mediciones"* a Psicológica. 31: 109-1208.

Quevedo Junyent, LL., Aznar Casanova, J.A., Encina Merindano, D., Cardona, G., Solé Fortó, J. (2012). *"A novel computer software for evaluation of dynamic visual acuity"* a Journal of Optometry. 5(3): 131-138.

Quevedo Junyent, LL., Castañé Ferran, M., Solé Fortó, J., Cardona Torradeflot, G. (2014). *"Study of Visual Function in a Population of Elite Athletes"* a Apunts, Educació Física i Esports. 116(2): 69-79.

Quevedo, LL., Pérez, A., Cardona, G., Fornieles, A., Rodríguez, M. (2012). *"Diferencias de género en agudeza visual dinámica y sensibilidad al contraste"* a Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica. 475: 38-45.

Quevedo Junyent, LL. (2007). *"Evaluación de la Agudeza Visual Dinámica: Una aplicación al contexto deportivo"*. Tesis doctoral. UPC, Departament d'Òptica i Optometria FOOT: Terrassa, 2007.

Reading, V. (1972). *"Analysis of Eye Movement Responses and Dynamic Visual Acuity"* a Pflügers. 333: 27-34.

Reading, V. (1972). "*Visual Resolution as Measured by Dynamic and Static Tests*" a Pfligers. 333: 17-26.

Renée, E., Russell, I., Sluyter, D., Collins, A., (2015). "*Dynamic Visual Acuity Training in Cricket Players*". 3(2): 159-168.

Rouse, M.W., DeLand, P., Christian, R., Hawley, J. (1988). "*A comparision study of dynamic visual acuity between athletes and nonathletes*" a J Am Optom Ass. 12(59): 946-950.

Sanderson, F.H., Whiting, H.T.A. (1974). "*Dynamic visual acuity and performance in a catching task*" a Journal of Motor Behaviour. 6: 87-94.

Sanderson, F.H., Whiting, H.T.A. (1978). "*Dynamic visual acuity: a possible factor in catching performance*" a Journal of Motor Behaviour. 10: 7-14.

Scheiman, M., Wick, B. (1996). "*Disfunciones oculomotoras*" a Tratamiento Clínico de la Visión Binocular. Madrid: Ciagami. p. 379.

Schmal, F., Kunz, R., Ortmann, C., Stoll, W., Nieschalk, M., Fechner, G. (2000). "*Effect of ethanol on dynamic visual acuity during vertical body oscillation in healthy volunteers*" a Eur Arch Otorhinolaryngol. 257: 485-489.

Skoczenski, A.M., Norcia, A.M. (2002). "*Late maturation of visual hyperacuity*" a Psychol Sci. 13(6): 537-541.

Sillero, M., Refoyo, I., Lorenzo, A., Sampedro, J. (2007). "*Perceptual Visual Skills in Young Highly Skiled Basketball Players*" a Perceptual and Motor Skills. 104(2): 547-561.

Smither, J., Kennedy, R. (2010). "*A portable device for the assessment of dynamic visual acuity*" a Applied Ergonomics. 41: 266-273.

- Snellen, H. (1862). Probebuchstaben zur Bestimmung der Sehschärfe, Utrecht.
- Stine, C. D., Arterburn, M., Stern, N. S. (1982). "*Vision and Sports: A review of the literature*" a Journal of the American Optometric Association. 53(8): 627-633.
- Teller, D.Y. (1983). "*Measurements of visual acuity in human and monkey infants: the interface between laboratory and clinic*" a Behav Brain Res. 23: 15-23.
- Tidow, G., Wühst, K. D., De Marées, H. (1984). "*Dynamic Visual Acuity as a Performance-influencing factor in sport*" a International Journal of Sports Medicine. 5 (Abstracts).
- Ueda, T., Nawa, Y., Okamoto, M., Hara, Y. (2007). "*Effect of pupil size on dynamic visual acuity*" a Perceptual and Motor Skills. 104(1): 267-272.
- Ueda, T., Nawa, Y., Yukawa, E., Taketani, F., Hara, Y. (2006). "*Change in dynamic visual acuity (DVA) by pupil dilation*" a Human Factors. 48(4): 651-655.
- Vlahov, E. (1977). "*Effects of the Harvard Step Test on visual acuity*" a Perceptual and Motor Skills. 45: 369-370.
- Watanabe, Y. (1983). "*Effect of 15-minute bicycle work load on static and kinetic visual abilities*" a Journal of Sports Medicine. 23: 373-381.
- Weissman, S., Freeburne, C.M. (1965). "*Relationship between static and dynamic visual acuity*" a Journal of Experimental Psychology. 70: 141-146.
- Whiting, H.T.A., Sanderson, F.H. (1972). "*The effects of exercise on the visual auditory acuity of tabletennis players*" a Journal of Motor Behavior. 4: 163-169.
- Williams, A.M., Davids, K., Williams, J.G. (1999). Visual perception and action in sport. New York: Routledge.

Williams, H.G. (1983). *"Perceptual and motor development"* a Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. Citat per Gallahue, D., Ozmun, J.C. (2006). *"Childhood Perception and Perceptual-Motor Development"* a Understanding motor development infants, children, adolescents, adult. 6a Ed. Boston: McGraw Hill Higher Education. p.263.

Wist, E.R., Schrauf, M., Ehrenstein, W.H. (2000). *"Dynamic vision based on motion-contrast: changes with age in adults"* a Exp Brain Res. 134: 295-300.